

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
САЯНО-ШУШЕНСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра «Гидротехнических сооружений и гидравлических машин»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

подпись, дата инициалы, фамилия
«_____» _____ 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**Многофакторное исследование гидротехнических сооружений со сроком
службы более 25 лет с оценкой прочности и устойчивости напорных
гидротехнических сооружений Миатлинской ГЭС**

08.04.01 Строительство
08.04.01.12 Гидротехническое строительство

Научный
руководитель

подпись, дата

Зав. лаб. "Диагностика
бетонных плотин" АО
"ВНИИГ им. Б.Е.
Веденеева"
должность

И.И. Загрядский
инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

К.В. Делашинская
инициалы, фамилия

Рецензент

подпись, дата

Главный специалист
АО "ВНИИГ им. Б.Е.
Веденеева»
должность

В.С. Кузнецов
инициалы, фамилия

Консультант

подпись, дата

Доцент кафедры ГТС
и ГМ Саяно-
Шушенского филиала
СФУ
должность

В.Б. Затеев
инициалы, фамилия

Нормоконтролёр

подпись, дата

А.А. Чабанова
инициалы, фамилия

Саяногорск; Черемушки 2020

АННОТАЦИЯ

В процессе эксплуатации гидротехнических сооружений встает вопрос о надежности эксплуатируемых сооружений. В соответствие с действующим стандартом [1] устанавливаются нормы и правила для проведения многофакторное обследование ГТС, которые находятся в эксплуатации более 25 лет.

Многофакторное обследование ГТС является важной задачей для поддержания прочности и устойчивости сооружения, а так же для предупреждения возможных аварийных ситуаций, которые могут возникнуть на гидротехническом сооружении в следствие его эксплуатации.

Данное обследование распространяется на все гидротехнические сооружения, входящие в состав гидроузла, а так же на гидромеханическое оборудование и контрольно-измерительную аппаратуру.

АВТОРЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Многофакторное исследование гидротехнических сооружений со сроком службы более 25 лет с оценкой прочности и устойчивости напорных гидротехнических сооружений Миатлинской ГЭС»

Цель работы:

Провести многофакторное исследование гидротехнических сооружений Миатлинского гидроузла, которые находятся в эксплуатации более 25 лет.

Основные задачи:

Провести визуальные обследования в рамках многофакторного исследования, зафиксировать существующие дефекты.

На основе полученных при проведении исследования данных сделать выводы о состоянии гидротехнических сооружений Миатлинской ГЭС.

При выявлении замечаний составить рекомендации по их исправлению.

Актуальность:

Необходимо регулярно (в соответствие со стандартом) проводить многофакторные исследования ГТС, находящихся в эксплуатации более 25 лет, для безопасной эксплуатации этих сооружений.

Практическая значимость работы:

Результаты работы использовались в составлении отчетов о состоянии гидротехнических сооружений Миатлинской ГЭС в рамках многофакторного обследования.

Личный вклад автора:

Участие в проведении визуальных осмотров во время многофакторного исследования.

Апробация работы:

Результаты диссертационной работы докладывались на следующей конференции:

VII Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов «ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В XX ВЕКЕ», Саяногорск р.п. Черемушки, 2020 года.

Также статья по данной теме была опубликована в научном журнале «Интернаука». Дата выпуска журнала: 30.05.2020 г.

Публикации:

Основные положения и выводы изложены в 2 публикациях в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень реализуемых научных изданий определённых РИНЦ, ISBN.

Структура и объем диссертации:

Диссертация состоит из введения, количества глав, заключения и списка литературы из и наименований. Материал изложен на 57 страницах, содержит 19 рисунков и 1 таблицу.

ABSTRACT

Final qualifying work on the theme «Multi-factor study of hydraulic structures with a service life of more than 25 years with an assessment of the strength and stability of pressure hydraulic structures of the Miatlinskaya HPP»

Purpose of work:

To conduct a multi-factorial study of the Miatlin hydroelectric facilities that have been in operation for more than 25 years.

Main task:

Perform visual examinations as part of a multi-factor study, and record existing defects.

Based on the data obtained during the research, conclusions can be drawn about the state of the hydraulic structures of the Miatlinskaya HPP.

If any comments are detected, make recommendations for correcting them.

Relevance:

It is necessary to regularly (in accordance with the standard) conduct multi-factor studies of GTS that have been in operation for more than 25 years, for the safe operation of these structures.

Practical significance of the work:

The results were used in the preparation of reports on the state of hydraulic structures of the Miatlinskaya HPP as part of a multi-factor survey.

Personal contribution of the author:

Participation in visual examinations during a multi-factor study.

Approbation of work:

The results of the dissertation work were reported at the next conference:

VII All-Russian scientific and practical conference of young scientists, specialists, postgraduates and students "hydroelectric POWER stations IN the XXI CENTURY", Sayanogorsk r. p. Cheremushki, 2020

Also, an article on this topic was published in the scientific journal "Internauka". Date of issue of the magazine: G. 30.05.2020

Publications:

The main provisions and conclusions are presented in 2 publications in scientific journals and publications that are included in the list of implemented scientific publications defined by the RSCI, ISBN.

Structure and scope of the dissertation:

The dissertation consists of an introduction, number of chapters, conclusion, and a list of references and titles. The material is presented on 57 pages, 19 pictures and 1 table.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 Общие сведения о Миатлинском гидроузле и входящих в него ГТС	11
1.1 Состав гидротехнических сооружений	11
1.1.1 Водоподпорное сооружение (арочная плотина)	11
1.1.2 Водоприемник ГЭС	13
1.1.3 Деривационный подводящий напорный туннель ГЭС	13
1.1.4 Уравнительный резервуар.....	14
1.1.5 Турбинные водоводы	14
1.1.6 Здание гидроэлектростанции	14
1.1.7 Отводящий канал.....	15
2 Многофакторное обследование гидротехнических сооружений Миатлинской ГЭС. Цели и состав работ, оценка состояния ГТС.....	16
2.1 Цели, состав работ, задачи обследований.....	16
2.1.1 Цели многофакторных обследований ГТС	16
2.1.2 Состав работ, исследуемые объекты	16
2.1.3 Обследование бетонных и железобетонных ГТС	18
2.1.4 Обследование механического оборудования и металлоконструкций ГТС	19
2.2 Оценка состояния гидротехнических сооружений Миатлинской ГЭС.....	20
2.2.1 Низовая и напорная грани плотины	20
2.2.2 Гребень плотины Миатлинской ГЭС	24
2.2.3 Балконы на низовой грани плотины Миатлинской ГЭС.....	25
2.2.4 Крепления правого и левого берегов арочной плотины Миатлинской ГЭС	27
2.2.5 Быки эксплуатационного водосброса Миатлинской плотины	29
2.2.6 Подпорные стенки отводящего канала здания Миатлинской ГЭС	30
2.2.7 Галереи и штольни на отметках 81,5 м и 113,5 м	31

2.3	Оценка прочностных и физико-механических характеристик железобетонных конструктивных элементов основных ГТС Миатлинской ГЭС	34
2.4	Оценка состояния дренажной системы	35
2.5	Оценка состояния, работоспособности и достаточности контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) для ведения мониторинга состояния ГТС Миатлинской ГЭС	36
2.5.1	Оценка состояния пьезометрической КИА.....	36
2.5.2	Оценка состояния геодезической КИА	37
2.5.3	Оценка состояния телеметрической КИА.....	39
3	Многофакторное обследование гидротехнических сооружений Миатлинской ГЭС. Выводы и рекомендации.....	41
3.1	Выводы и рекомендации по бетонным сооружениям Миатлинской ГЭС	41
3.2	Выводы и рекомендации по дренажной системе Миатлинской ГЭС	44
3.3	Рекомендации по контрольно-измерительной аппаратуре	46
3.3.1	Пьезометрическая КИА	46
3.3.2	Геодезическая КИА	47
3.3.3	Телеметрическая КИА.....	48
4	Проектирование системы отвода воды из-под затворов эксплуатационного водосброса	49
4.1	Предпосылки к созданию системы отвода воды	49
4.2	Описание системы водоотвода	50
4.3	Защита системы водоотведения от перемерзания	52
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	55

ВВЕДЕНИЕ

Гидротехнические сооружения, которые находятся в эксплуатации более 25 лет, необходимо подвергать обследованию с оценкой их прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности, независимо от их состояния.

Целью многофакторного обследования ГТС является оценка фактического технического состояния ГТС, основного оборудования ГТС, определение остаточного ресурса их элементов, а также установление дефицитов безопасности для оценки возможности продолжения эксплуатации ГТС сверх назначенного (или 25-летнего) срока эксплуатации. Результаты многофакторного обследования ГТС являются основанием для подготовки ГТС к продлению срока эксплуатации.

Многофакторное обследование ГТС включает:

- оценку состояния строительных конструкций и сооружений по результатам анализа данных мониторинга их состояния, выполняющегося на объекте;
- обследование контрольно-измерительной аппаратуры, определение ее работоспособности и достоверности ее показаний. Выдача рекомендаций по установке дополнительной КИА, ремонте и эксплуатации;
- оценку прочностных характеристик грунтов основания, тела плотины и откосов сооружений;
- выполнение контрольных измерений напряжений, температуры, пьезометрических давлений, скорости и расхода фильтрации воды в бетонных и грунтовых массивах;
- выполнение подводно-технического обследования ГТС (подводное обследование напорного фронта плотины, уточнение степени заиления водозабора, состояния ГТС и пр.). Оценка эксплуатационной безопасности подводных элементов ГТС;
- проведение поверочных расчетов конструкций и сооружений на прочность и устойчивость (статическую и динамическую) по уточненным

расчетным схемам и с использованием фактических действующих нагрузок и воздействий, физико–механических характеристик материалов, геометрических размеров, выявленных дефектов и повреждений сооружения.

1 Общие сведения о Миатлинском гидроузле и входящих в него ГЭС

Миатлинский гидроузел расположен в горном районе Республики Дагестан, на р. Сулак, в 15 км ниже по течению от плотины Чиркейской ГЭС и в 13 км выше плотины Чирюртской ГЭС.

Арочная плотина Миатлинской ГЭС построена в каньоне глубиной до 100 м. Выше глубин 200–250 м каньон резко расширяется. Склоны долины крутые (60–70°), участками с обратными уклонами, выше гребня плотины склоны резко выполаживаются до 30–45°.

Все основные сооружения Миатлинской относятся ко II классу.

1.1 Состав гидротехнических сооружений

1.1.1 Водоподпорное сооружение (арочная плотина)

Арочная плотина (рисунок 1.1) состоит из следующих элементов:

- арочной части с поверхностным водосливом;
- опорной подушки;
- пробки;
- правобережного и левобережного устоев.

Арочная водосливная плотина с водобойным колодцем, с двумя смотровыми галереями и четырьмя цементационно-дренажными штольнями. Арочная часть разрезана на 8 секций вертикальными межсекционными швами радиального направления. В арке предусмотрена смотровая галерея на отм. 113,5 м, сообщающаяся с цементационно- дренажными штольнями. По низовой грани плотины выполнены три яруса балконов шириной 2 м на отметках 113,5 м, 125,3 м и 140,0 м. В средней части плотины симметрично ключевому сечению, расположены 4 поверхностных водосливных отверстия шириной 14 м с порогом на отм. 149,0 м.

Сопряжение плотины с основанием и берегами выполнено с помощью пробки и опорной подушки. Подушка плотины выполнена по контуру арочной части. Толщина подушки под пробкой – 7 м. Поверхность между арочной частью плотины и подушкой имеет обратный уклон в сторону нижнего бьефа, что создает упор арки в подушку, исключаящий ее проскальзывание. Связь между галереями в подушке на отм. 81,5 м и в плотине на отм. 113,5 м осуществляется посредством шахты.

Гашение энергии свободно падающей струи осуществляется в водобойном колодце, представляющем собой русловую выемку в пределах выветренной зоны, облицованную бетоном. Облицовка откосов выполнена на высоту 25 м с толщиной в среднем 1,0 м. Днище водобоя имеет толщину бетона 3 м. В конце колодца выполнена водобойная стенка высотой 5 м.



Рисунок 1.1 - Арочная водосливная плотина Миатлинской ГЭС

1.1.2 Водоприемник ГЭС

Водоприемник расположен на левом берегу в 60 м от устоя плотины. Водоприемник представляет врезанную по 3-м сторонам в скалу железобетонную конструкцию. Входной фронт водоприемника разделен одним бычком на два отверстия шириной по 17 м с отметкой порога 123,5 м. Высотное положение отверстий водоприемника принято из условия заглубления верха решеток под уровень сработки водохранилища (УМО 142,0) на один метр.

Входной участок водоприемника прямоугольного сечения плавно сужается как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Бык имеет длину 42 м, толщина его в начале переходного участка 2,7 м, в конце – 1,2 м.

Перед входом в туннель, на переменном участке длиной 16 м, оба отверстия сужаясь, по низу сохраняют прямоугольную форму, а в верхней части переходят в закругленное очертание, соответствующее радиусу свода туннеля.

1.1.3 Деривационный подводящий напорный туннель ГЭС

Подводящий туннель является продолжением водоприемника, примыкает к нему на отм. 123,5 м, имеет длину до шахты уравнительного резервуара 1701,9 м, уклон 0,0139.

Туннель состоит из короткого переходного участка с бычком посередине и основного участка с постоянным сечением длиной 1689,9 м.

По условиям производства работ поперечное сечение туннеля принято подковообразным. Обделка туннеля железобетонная. Расчетный расход через туннель 540 м³/с.

1.1.4 Уравнительный резервуар

Уравнительный резервуар находится в 160 м от здания ГЭС на краю левобережного склона р. Сулак. Уравнительный резервуар состоит из шахты и четырех подземных камер, соединенных аэрационно-подходной выработкой для производства ремонтных работ по камерам. Диаметр шахты в свету 25 м. Шахта имеет монолитную железобетонную обделку.

1.1.5 Турбинные водоводы

Турбинные водоводы являются продолжением развилки, вписанной в шахту уравнительного резервуара. Расположены они симметрично, каждый на расстоянии 12 м от оси подводящего туннеля. Каждый из 2-х турбинных водоводов состоит из подземной (туннельной) части длиной 135,4 м и наземной (перед ГЭС) длиной 22,2 м.

Водоводы круглого сечения имеют бетонную обделку толщиной. На начальном участке уравнительного резервуара и перед спиральной камерой водоводы снабжены переходными участками.

Железобетонная обделка на концевом участке (на длине спиральной камеры) имеет противифльтрационную металлическую облицовку. Водоводы имеют средний уклон 0,12 и рассчитаны на пропуск расхода воды 540 м³/с.

1.1.6 Здание гидроэлектростанции

Здание гидроэлектростанции открытого типа расположено в 1,8 км от водоприемника, на выходе из Миатлинского ущелья. Состоит из подводной части и открытого машинного зала. Подводная часть, в свою очередь, разделена на блок агрегатов и блок монтажной площадки.

Машинный зал - закрытый, каркасного типа, со стенами из керамзитобетонных панелей толщиной 25 см. Каркас здания металлический. Машинный зал обслуживается одним мостовым краном.

Главные повышающие трансформаторы располагаются со стороны верхнего бьефа на площадке. Ниже их находятся ЗРУ 15,8 кВ и ТП 6/0,4 кВ собственных нужд и кабельные помещения.

Над отсасывающими трубами и под полом монтажной площадки размещены: масляное хозяйство, электромеханические мастерские, компрессорная и другие помещения электротехнического, турбинного и сантехнического назначения.

1.1.7 Отводящий канал

Отводящий канал имеет длину 70,0 м, ширину 38,0 м. По левой стороне отводящего канала, для организации пристанционной площадки и въезда в машинный зал ГЭС, выполнена подпорная стенка.

Правобережная стенка в создании пристанционной площадки не участвует, ее верх находится ниже поверхности воды. Назначением стенки является защита канала вблизи диффузоров отсасывающих труб от замыва наносами.

В примыкании к плите диффузоров выполнен горизонтальный участок дна канала протяженностью 5,0 м, облицованный бетоном, а за ним откос с заложением 1:2 с бетонным покрытием.

2 Многофакторное обследование гидротехнических сооружений Миатлинской ГЭС. Цели и состав работ, оценка состояния ГТС.

2.1 Цели, состав работ, задачи обследований

2.1.1 Цели многофакторных обследований ГТС

Целью многофакторного обследования гидротехнических сооружений Миатлинского гидроузла является оценка прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности напорных гидротехнических сооружений, находящихся в эксплуатации более 25 лет, с определением объемов реконструкции и формированием программы мероприятий, направленных на обеспечение надежности и безопасности ГТС Миатлинской ГЭС.

На данный момент гидротехнические сооружения Миатлинской ГЭС находятся в эксплуатации 28 лет.

2.1.2 Состав работ, исследуемые объекты

В ходе проведения многофакторного обследования необходимо провести работы, представленные в данном пункте.

Необходимо выполнить оценку соответствия конструктивно-компоновочных решений, которые были реализованы в ходе строительства и дальнейшей эксплуатации, требованиям проекта, а также современным и действующим нормативным документам с учётом требований и предписаний Ростехнадзора.

Определить соответствие фактических действующих нагрузок и их сочетаний (основного, особого), действующих на сооружения, проектным нагрузкам и требованиям действующих нормативных документов.

Определить фактический геометрический профиль (по данным исполнительной съемки) и фактические отметки гребня.

Оценить фактические водопропускные характеристики гидроузла, оценить изменение гидрологических режимов водотока, условия аккумуляции и пропуска паводковых вод.

На основе визуальных наблюдений выявить наличие повреждений и дефектов различного происхождения, разработать карты трещиноватости бетонных ГТС. Необходимо определить тенденции их развития на эксплуатационную надежность сооружений на основе поверочных расчетов.

Определить методами разрушающего и неразрушающего контроля прочностные и физико-механические характеристики железобетонных конструктивных элементов.

Провести оценку состояния, работоспособности и достаточности контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) для ведения мониторинга состояния ГТС.

Определить физико-механические характеристики грунтов, в том числе прочностные и деформационные с оценкой их соответствия величинам, указанным в проекте.

Выполнить оценку состояния крепления нижнего бьефа по данным подводно-технических исследовательских работ за последние 25 лет.

Выполнить оценку состояния и надежности напорных водоводов.

Выполнить оценку состояния и надежной работы механического оборудования гидротехнических сооружений.

Выполнить анализ проведенных обследований гидротехнических сооружений и их конструктивных элементов за последние 25 лет, данный анализ использовать при оценке состояния напорных ГТС.

Многофакторное обследование проведено на следующих объектах:

- арочная бетонная водосливная плотина;
- водоприемник;
- деривационный туннель;
- водоводы;
- шахта уравнительного резервуара;

- здание ГЭС;
- строительно-эксплуатационный водосброс;
- механическое оборудование

Для выполнения работ по обследованию ГТС следует обеспечить: безопасность проведения работ и доступ к обследуемым объектам.

2.1.3 Обследование бетонных и железобетонных ГТС

Обследование бетонных и железобетонных ГТС производится в последовательности, указанной в данном пункте.

В первую очередь выполняется обследование открытых для осмотра поверхностей ГТС, к которым имеется доступ. Регистрируются следующие дефекты:

- расположения и величины раскрытия трещин в бетоне, которые выходят на наружные поверхности ГТС;
- ослабления зон бетона с оголенным заполнителем и оголенными арматурными стержнями;
- степени коррозионного разрушения оголенных арматурных стержней и прочих металлических элементов;
- мокрые пятна и места выхода воды через конструкционные швы, трещины или ослабленные зоны бетона;
- локальные зоны, покрытых продуктами выщелачивания бетона, а также органическими веществами, которые могут являться продуктами биокоррозии;
- находящаяся на обследуемых поверхностях геодезической КИА с кратким описанием ее состояния.

Прочность бетона обследуемых поверхностей как в ослабленных, так и в прочих зонах оценивается с помощью склерометра и измерителя прочности бетона.

2.1.4 Обследование механического оборудования и металлоконструкций ГТС

Визуальный осмотр включает:

- обнаружение общих и местных деформаций, наличие трещин и местных механических повреждений;
- определение расположения и площадей участков общего коррозионного износа, местных коррозионных разрушений, их относительной площади и глубины;
- выявление участков эрозионного и кавитационного разрушения и абразивного износа;
- контроль антикоррозионного покрытия механического оборудования;
- фотофиксацию всех существенных обнаруженных дефектов и выборочную фотофиксацию незначительных дефектов.

Визуальное и инструментальное обследование затворов выполняется с безнапорной и напорной сторон, при условии обеспечения доступа ко всем выбранным и согласованным зонам обследования. Визуальный контроль должен быть направлен, в первую очередь, на выявление следующих дефектов:

- трещин в основном металле и в сварных соединениях, косвенным признаком которых являются растрескивание лакокрасочного покрытия, местная коррозия, подтеки ржавчины; очагов коррозии;
- расслоений металла на торцевых поверхностях металлопроката; некачественного выполнения ремонтных сварных соединений;
- люфтов в шарнирах, ослаблений заклепочных и болтовых соединений;
- механических повреждений и деформаций;
- износа опорно-ходовых частей и уплотнений.

Выполняется контроль состояния болтовых и заклепочных соединений, проверяется плотность стяжки, устанавливается соответствие болтовых соединений проекту.

Выполняется контроль опорно-ходовых устройств на комплектность, проворачиваемость (колес), состояние крепежных элементов, износ и повреждения рабочей поверхности, наличие деформаций.

При осмотре уплотнений оценивается наличие и степень повреждений, разрывов, степень и характер износа, плотность стыков.

Оценивается состояние антикоррозионного покрытия, степени коррозии, кавитационной эрозии и абразивного износа.

Оценка состояния гидромеханического оборудования Миталинской ГЭС в данной работе проводиться не будет.

2.2 Оценка состояния гидротехнических сооружений Миатлинской ГЭС

2.2.1 Низовая и напорная грани плотины

Обследование напорной грани плотины Миатлинской ГЭС и входного портала деривации выше УВБ происходило осенью 2019 г. с правого и левого берега верхнего бьефа.

В ходе обследования были обнаружены:

- незначительные продукты выщелачивания на правобережном устое;
- незначительные продукты выщелачивания на левобережной части плотины;
- незначительные дефекты строительных швов на быках поверхностного водосброса (рисунок 2.1).

незаметно. Соответственно, степень их влияния на состояние галерей плотины и береговых штолен остается стабильно незначительной;

2. Следует обеспечить отвод фильтрующей воды из всех подходных штолен и галерей плотины в соответствии с проектом. Не допускать смачивание балкона на отм. 113,5 м откачиваемой с отм. 81,0 м водой. Не реже чем 1 раз в пять лет производить очистку дренажных канавок во всех штольнях и галереях. Повторно пробурить закольматированные дренажные отверстия с целью их прочистки. Бурение производить по существующим скважинам;

3. Укрепить своды штолен в местах регулярных обвалов скального грунта со сводов. Повесить предупреждающие знаки и надписи в опасных местах;

4. Испытать на прочность лестницы в секциях III, IV, соединяющие галереи на отметках 81,5 м и 113,5 м, в соответствии с требованиями охраны труда. При недостаточной прочности – заменить их на новые;

5. Модернизировать электрическую сеть на всех горизонтах в штольнях обоих берегов, в подходной штольне левого берега и в галереях плотины;

6. Модернизировать подъемное оборудование в грузовой шахте;

7. Установить аварийную сирену в галерее плотины на отметке 81,5 м возле пункта измерения показаний прямого отвеса или возле грузовой шахты, включаемую в работу с пульта управления Миатлинской ГЭС.

3.2 Выводы и рекомендации по дренажной системе Миатлинской ГЭС

1. Выполнить расчистку водоотводящих (дренажных) канавок в штольнях и галереях. В особенности на нижнем горизонте, где вязкие отложения перекрыли сток в лотке и распространились по полу;

2. Установить в дренажных лотках штолен путевые мерные водосливы с тонкой стенкой, позволяющие контролировать изменение расходов дренажного стока по отдельным участкам горизонта;

3. Для определения суммарного расхода дренажного стока в устьевых участках галерей установить водосливы с тонкой стенкой с организацией неподтопленной струи слива, обеспечивающей возможность замера объемным способом емкостью, время наполнения которой составляло бы не менее 10 секунд;

4. Выполнить тарировку мерных водосливов объемным способом;

5. Определить объем воды, откачиваемой насосом из приемка на отметке 81,5 м за время одного цикла работы насоса (по геометрическим характеристикам водосборного приемка между уровнями воды в нем во время включения и выключения насоса). Установить счетчик, позволяющий определить количество включений насоса за произвольные промежутки времени;

6. Объединение скважин дренажного веера единой по всему ряду скважин сбросной трубкой не допустимо, поскольку в этом случае возникают условия для подпитки малодебитных горизонтов и снижения суммарного фильтрационного расхода;

7. Заменить оголовки дренажных скважин на отметке 81,5 м на более низкие, соосные обсадной трубе скважины и имеющие патрубки для сброса дренажного стока в дренажную канавку;

8. Выполнить промывку полостей всех дренажных скважин на отметке 81,5 м;

9. Выполнить геодезическую привязку высотных отметок оголовков дренажных скважин обоих горизонтов (в нижней точке сечения, через которое происходит слив).

3.3 Рекомендации по контрольно-измерительной аппаратуре

3.3.1 Пьезометрическая КИА

При любых работах по реконструкции пьезометрической сети и обустройству новых пьезометров следует проводить наблюдения по старым пьезометрам вплоть до окончательной приемки и признания работоспособности новых пьезометров.

В целях восстановления работоспособности старых пьезометров и повышения достоверности получаемых данных следует:

- выполнить промывку полостей пьезометров при помощи двух-трех кратного налива и последующей откачки воды из них с использованием скважинного насоса или сжатого воздуха;

- измерить глубину забоя после промывки и в соответствии с ней обновить и исправить маркировку пьезометров;

- по возможности отследить процесс установления уровней в промытых безнапорных пьезометрах, в изливающихся пьезометрах – измерить дебит. Выполнить ремонт оголовков пьезометров. На напорных пьезометрах установить новые манометры или манометры, имеющие свидетельства о прохождении поверки. Безнапорные пьезометры снабдить легкоъемными крышками. Нисходящие пьезометры напорно-безнапорные или низконапорные с изливом через верх оголовка пьезометрической колонны оборудовать средствами наблюдения (удлиненной трубой оголовка, временной пьезометрической трубкой из прозрачного пластика или низко посаженным манометром с диапазоном измерений до 1–2 кгс/см²).

Необходимо уточнить нивелировкой отметки верха оголовка для безнапорных пьезометров, центра манометра для напорных пьезометров и принять их для первичной обработки данных замеров.

Следует придерживаться проектного значения диаметра труб пьезометрической колонны – 60 мм (внешний диаметр).

Оборудовать новый пьезометр только в том случае, если дебит пробуренной напорной скважины более 0,1 л/мин., или время установления уровня в безнапорной скважине менее 1 сут., в противном случае оборудовать пьезометр нецелесообразно.

По возможности отдавать предпочтение напорным пьезометрам из-за их более высокой чувствительности к изменению давления.

3.3.2 Геодезическая КИА

Для геодезической КИА рекомендуется составить новую программу геодезического мониторинга смещений ГТС и оползней, включающую применение современных приборов и методик наблюдений. В программе учесть необходимость корректировки цикличности наблюдений.

Следует увеличить частоту измерения плановых перемещений плотины с помощью прямого и обратного отвесов и оперативность первичного анализа измеренных значений, а также автоматизировать данный вид измерений с передачей информации на сервер информационно-диагностической системы. Увеличить точность измерения плановых перемещений плотины с помощью прямого и обратного отвесов. Нить отвеса не должна касаться стенок его шахты. Натяжение нити обратного отвеса является недостаточным, и его следует увеличить. Анализ данных натурных наблюдений показал, что существующий обратный отвес работает не вполне корректно, по-видимому, именно из-за слабой натяжки нити.

Необходимо увеличить точность гидротехнического нивелирования. Для повышения точности и оперативности определения осадок плотины рекомендуется приобретение электронного нивелира

Заменить трехосные механические щелемеры на межсекционных швах плотины на более современные и высокоточные, а также увеличить частоту

наблюдений по ним. Дополнительно в рамках планируемых работ по реконструкции КИА установить телеметрические одноосные накладные щелемеры на низовой грани плотины и автоматизировать их опрос.

Следует дооснастить плотину несколькими глубинными реперами, выполненными в виде многоточечных тензометров в скважинах.

Обеспечить нормальные условия для эксплуатации КИА (отсутствие конденсата, капежа со сводов и т.д., отсутствие ветра в шахтах отвесов) в галереях и шахтах плотины с помощью создания системы вентиляции и обустройства дверей.

Рассмотреть возможность установки в галерее на отметке 113,5 м трубного гидростатического нивелира с оборудованием отсчётных станций для микрометра с обеих сторон. Рядом с этими станциями предлагается установить автоматизированные телеметрические датчики смещений.

Создать два куста опорных стенных реперов (по 3 репера в кусте) установив в обоих порталах транспортного левобережного тоннеля по одному дополнительному стенному реперу. В транспортном тоннеле установить рабочие реперы, взамен ранее установленных, доступ к которым перекрыт трубопроводом.

3.3.3 Телеметрическая КИА

В первую очередь необходимо обеспечить нормальные условия для эксплуатации КИА (отсутствие конденсата, капежа со сводов и т.д.) в галереях и шахтах плотины с помощью создания системы вентиляции и обустройства дверей. Следует привести временные измерительные пульты (ВИПы), линии питания и связи в надлежащее состояние.

Необходимо модернизировать ВИПы и систему опроса телеметрической КИА. Предусмотреть опрос датчиков в полуавтоматическом и в ручном режиме, для возможной проверки показаний. Восстановить градуировочные характеристики струнных преобразователей с утерянными паспортами.

4 Проектирование системы отвода воды из-под затворов эксплуатационного водосброса

4.1 Предпосылки к созданию системы отвода воды

Во время проведения обследования балконов был обнаружен ряд дефектов. Часть дефектов связана с протечками из-под затворов, например:

- места с обводнением на разных отметках балконов;
- наличие растительности на различных участках балкона (рисунок 4.1);
- повреждение защитного слоя бетона с оголением арматуры, наличие следов выщелачивания (рисунок 4.2);
- имеются места, где происходит «вздутие» поверхности настила;
- в зимний период времени из-за протечек из-под затворов на бетонных поверхностях балконов и низовой грани плотины появляются наледи. Образование льда провоцирует дальнейшее развитие дефектов.



Рисунок 4.1 - Растительность на балконе

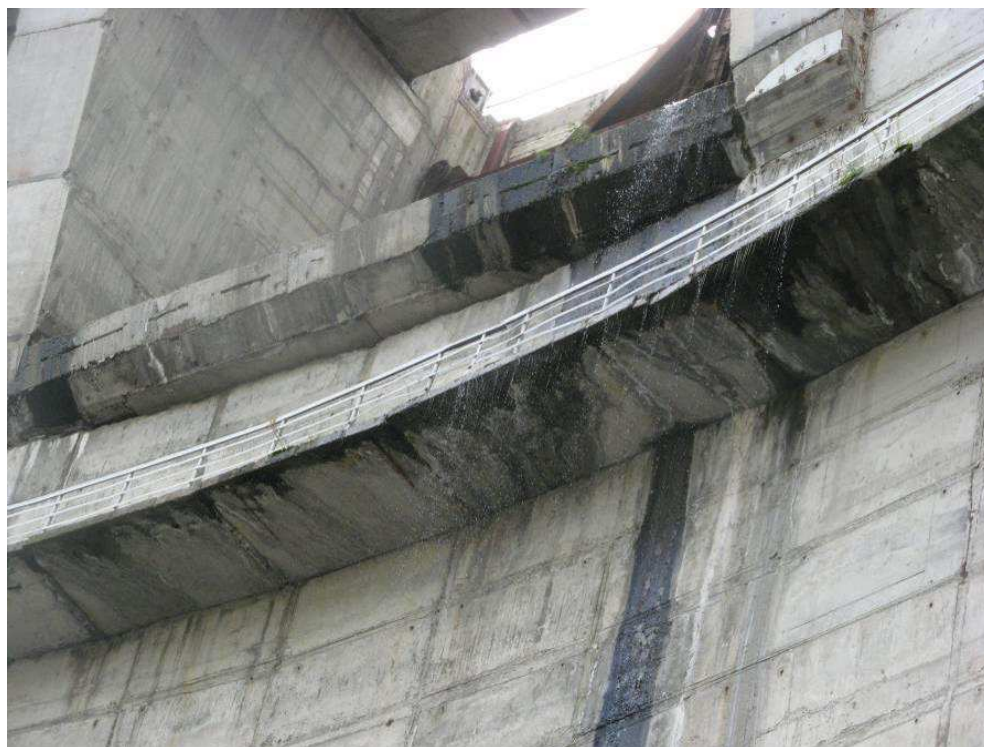


Рисунок 4.2 - Следы выщелачивания и нарушение защитного слоя бетона с оголением арматуры снизу балкона

Существует необходимость создания система водоотвода, протекающей из-под затворов. Данная система должна быть выполнена из прочных конструкций, соответствующих нормам безопасности, а так же защищена от замерзания.

Была выбрана система водоотвода, аналогичная системам многоэтажных жилых домов со скатными крышами. Подойдут оцинкованные стальные системы с полимерным покрытием или изделия из нержавеющей стали, укомплектованные надежными креплениями и соединительными элементами. Защита системы от перемерзания в этом случае будет осуществляться греющим электрическим кабелем.

4.2 Описание системы водоотвода

Данная система включает следующие элементы (рисунок 4.3):

- заглушка желоба;

- желоб водосточный;
- крепление желоба;
- воронка желоба;
- колено;
- крепление трубы;
- труба водосточная;
- слив.

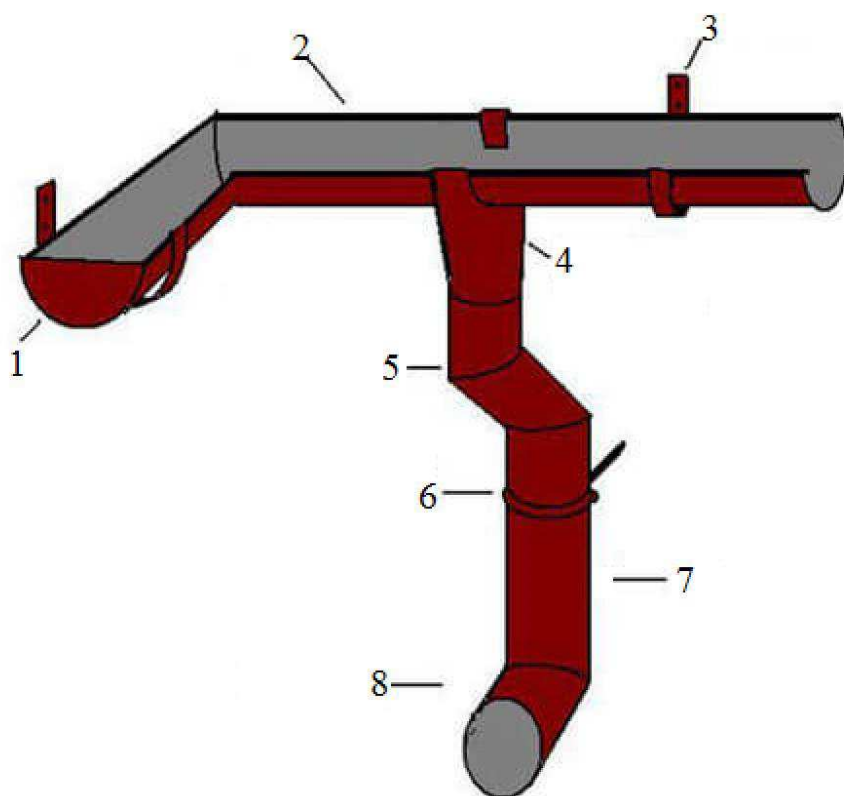


Рисунок 4.3 - Элементы системы водоотвода

1- заглушка желоба; 2 - желоб водосточный; 3 - крепление желоба; 4 - воронка желоба; 5 - колено; 6 - крепление трубы; 7 - труба водосточная; 8 - слив.

Желоба должны быть закреплены в бетоне плотины с помощью креплений, на расстоянии от водосливных отверстий, достаточном, чтобы при начале сброса воды их не сорвало. Желоба располагаются горизонтально, с уклоном, чтобы собираемая ими вода стекала в водосточные труб с дальнейшим отводом в нижний бьеф. Данная система будет иметь две

водосточные трубы (по одной трубе на два водосливных отверстия), перехватываемая вода должна стекать в эти трубы по желобам. Так как стандартная длина водосточного желоба 3 м, необходимо соединить несколько желобов при помощи соединителя с резиновым уплотнителем для создания герметичного соединения.

Чтобы выбрать материал, из которого будут изготовлены детали системы, проведем сравнение стальных и медных водостоков (таблица 4.1).

Таблица 4.1 - Сравнение стальных и медных водостоков

Стальные водостоки	Медные водостоки
Устойчивость против коррозии	Отсутствие необходимости в доп. уходе/покраске
Эстетичный внешний вид	Легкость ремонта отдельных участков
Устойчивость к большому диапазону температур (от -40°C до +120 °C)	Возможность организовать обогрев системы
Срок эксплуатации до 20 лет	Срок эксплуатации более 150 лет
Высокая прочность	Высокое качество изготовления элементов
	Высокая устойчивость против воздействия агрессивной среды

После сравнения двух водостоков, сделан вывод, что для системы водоотведения из-под затворов Миатлинской ГЭС самый подходящий материал для водостока в данном случае - медь.

4.3 Защита системы водоотведения от перемерзания

Для защиты системы от перемерзания необходимо устроить обогрев желобов и водосточных труб. Для этого следует использовать саморегулирующий кабель. Изоляция кабеля позволяет прокладывать его в воде, чтобы она не перемерзала в желобах.

Саморегулирующийся кабель (рисунок 4.4) – это устройство, представляющее собой гибкий провод, греющийся под воздействием электроэнергии. При этом он обладает свойством регулировать собственную мощность, ориентируясь на окружающую температуру. То есть, чем холоднее атмосфера, тем горячее саморегулирующий кабель. Он как бы приспосабливается к особенностям окружающей его среды, причем не по всей длине. Принцип работы саморегулирующего греющего кабеля заключается в его внутреннем обустройстве. Кабель состоит из:

- металлические проводники – обеспечивают подвод электроэнергии;
- токопроводящий материал - вырабатывает тепло;
- изоляция;
- оплетка для дополнительной защиты;
- наружная полимерная оболочка.

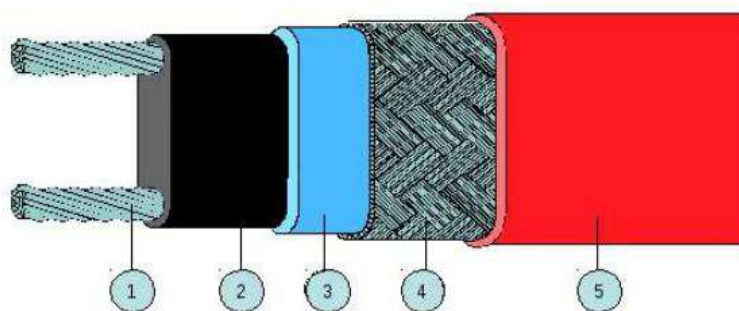


Рисунок 4.4 - Кабель в разрезе

1 - проводники; 2- токопроводящий материал; 3 - изоляция из полимеров; 4 -оплетка из луженой меди; 5- полимерная оболочка.

Вывод: система, изложенная выше может решить проблемы, возникающие в связи с протечками из-под затворов. В данной главе была предложена система водоотвода, аналогичная системам многоэтажных домов, А так же выбран материал, для изготовления элементов этой системы и предусмотрена защита системы от перемерзания. Разработка данной системы будет продолжена в последующих работах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе диссертационной работы были приведены результаты многофакторного исследования Миатлинского гидроузла, сделаны выводы о состоянии ГТС, дренажной системы и контрольно-измерительной аппаратуры.

Состояние бетонной плотины – удовлетворительное. Ее геометрия и прочность бетона соответствуют проекту. Количество трещин и строительных дефектов – небольшое. Сезонный размах общих перемещений плотины по потоку не превышает допустимые значения, существенные и опасные для плотины необратимые перемещения отсутствуют. Раскрытие конструктивных швов плотины находится в пределах нормы.

По данным геодезических наблюдений можно заключить, что плотина работает в проектном режиме. Выявленные смещения не представляют угрозы для безопасной эксплуатации гидроузла. Отмечены незначительные эффекты, которые следует устранить.

В четвертой главе предложено возможное решение проблемы отвода воды с балконов арочной плотины Миатлинской ГЭС, которая появляется в следствие протечек из-под балконов. Данная глава описывает примерные параметры этой системы. Дальнейшая ее разработка возможна в следующих научных работах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СТО РусГидро 02.03.119-2015. Гидротехнические сооружения гидроэлектростанций. Методические рекомендации по выполнению многофакторных исследований - Введ. 20.02.2016. - Москва: Издание официальное, 2015. - 71 с.
2. О безопасности гидротехнических сооружений (с изменениями на 29 июля 2018 г.) : федер. закон Российской федерации от 21.07.1997 г. №117 - ФЗ. - Москва // Российская газета. - 1997. - 21 июль.
3. ГОСТ Р 22.1.11-2002. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них. - Введ. 01.07.2003. - Москва : Госстандарт России, 2003. - 15с.
4. Приказ ПАО РусГидро Об исполнении предписаний Ростехнадзора от 17.11.2009 г. № 754. - 19 с.
5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85. - Введ. 04.06.2017. - Москва Стандартинформ, 2017. - 104с.
6. СП 40.13330.2012. Плотины бетонные и железобетонные. - Введ. 01.01.2013. - Москва : Стандартинформ, 2013. - 70 с.
7. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. - Введ. 01.01.2013. - Москва : Стандартинформ, 2013. - 33 с.
8. СТО 17230282.27.010.001-2007. Здания и сооружения объектов энергетики. Методика оценки технического состояния. - Введ. 15.11.2007. - Москва: ОАО ЕЭС России, 2007. - 180 с.
9. СТО 70238424.27.140.003-2010. Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. - Введ. 30.09.2010. - Москва: ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, 2007. - 222 с.

10. СТО 70238424.27.140.035-2009. Гидроэлектростанции. Мониторинг и оценка технического состояния гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации. Нормы и требования. - Введ. 31.12.2009. - Москва: НП Гидроэнергетика России, 2009. - 64 с.
11. СТО 70238424.27.140.021-2008. Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. - Введ. 31.12.2009. - Москва: НП Гидроэнергетика России, 2009. - 33с.
12. ГОСТ 22690-2015 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. - Введ. 01.04.2016. - Москва: АО НИЦ Строительство, 2016. - 23 с.
13. СО 34.21.343-2005. Правила оценки физико-механических характеристик бетона эксплуатируемых гидротехнических сооружений. - Введ. 02.02.2005. - Санкт-Петербург: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2005. - 41 с.
14. СТО 70238424.27.140.012-2011. Гидроэлектростанции. Охрана труда (правила безопасности) при эксплуатации и техническом обслуживании сооружений и оборудования ГЭС. Нормы и требования. - 31.01.2011. - Москва: ПАО РусГидро. - 50 с.
15. ГОСТ Р 55260.1.4-2012. Гидроэлектростанции. Часть 1-4. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по организации и проведению мониторинга. - Введ. 01.07.2014. - Москва: Стандартинформ, 2014. - 56 с.
16. Акт преддекларационного обследования Миатлинской ГЭС от 12.04.2012.
17. Водоотвод с кровли [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.megaln.ru/news/vodootvod-s-krovli/>
18. Металлические водостоки: подбор и технология монтажа [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://kanalizaciya-prosto.ru/metallicheskie-vodostoki.html>

19. Плюсы и минусы металлических водостоков для крыши из меди, алюминия, цинка, а также особенности монтажа. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://expert-dacha.pro/stroitelstvo/krysha/vodostok/metallicheskie.html>


20. Греющий саморегулирующийся кабель для водопроводных труб [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://remont-system.ru/vodosnabzhenie/greyushchiy-samoreguliruyushchiysya-kabel-dlya-vodoprovodnyh-trub>

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
САЯНО-ШУШЕНСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра «Гидротехнических сооружений и гидравлических машин»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.А. Андрияев
подпись, дата инициалы, фамилия
« 02 » 07 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**Многофакторное исследование гидротехнических сооружений со сроком
службы более 25 лет с оценкой прочности и устойчивости напорных
гидротехнических сооружений Миатлинской ГЭС**

08.04.01 Строительство

08.04.01.12 Гидротехническое строительство

Научный руководитель	 подпись, дата	<u>Зав. лаб. «Диагностика бетонных плотин» АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»</u> должность <u>Доцент кафедры ГТС и ГМ Саяно- Шушенского филиала СФУ</u> должность	<u>И.И. Загрядский</u> инициалы, фамилия
Консультант	 подпись, дата		<u>В.Б. Затеев</u> инициалы, фамилия
Выпускник	 подпись, дата		<u>К.В. Делащинская</u> инициалы, фамилия
Рецензент	 подпись, дата	<u>Главный специалист АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»</u> должность	<u>В.С. Кузнецов</u> инициалы, фамилия
Нормконтролер	 подпись, дата		<u>А.А. Чабанова</u> инициалы, фамилия

Саяногорск; Черемушки 2020